

Análise da absorptância e seu impacto térmico em região tropical

Analysis of solar absorptance and its thermal impact in a tropical region

Nathalia Ferreira Costa

Estudante de Arquitetura e Urbanismo/Iniciação Científica – PIBIC, UFMT, Brasil.
nathferreiracosta@gmail.com

Flávia Maria de Moura Santos

Professora Doutora, UFMT, Brasil.
flavia_mms@hotmail.com

Anne Gabrielly Santos Pécora de Oliveira

Estudante de Arquitetura e Urbanismo/Iniciação Científica – PIBIC, UFMT, Brasil.
annepecora10@gmail.com

Daniele Caetano da Silva

Professora Doutora, UFMT, Brasil.
daniele.silva@ufmt.br

RESUMO

Este trabalho analisa o impacto térmico da absorptância em fachadas de diferentes cores na cidade de Cuiabá-MT, uma região de clima tropical com alta incidência solar, com o objetivo de contribuir para escolhas projetuais que promovam o conforto térmico urbano. A metodologia inclui coleta de dados in loco por meio de medições de temperatura superficial utilizando termômetro digital infravermelho e câmera térmica, além de monitoramento das condições climáticas com termo-higrômetro. O estudo foi realizado em uma única fachada, dividida em três tonalidades de pintura (clara, média e escura), o que possibilitou a análise das três cores sob a mesma incidência solar durante o período quente-úmido. Os resultados mostraram como diferentes níveis de absorptância influenciam a temperatura das fachadas ao longo do dia, fornecendo diretrizes para o design de fachadas em regiões tropicais. A pesquisa visa promover construções mais eficientes e confortáveis, com menor dependência de sistemas artificiais de climatização, contribuindo para a sustentabilidade urbana e a qualidade de vida nas cidades quentes.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto térmico. Clima quente-úmido. Absortância Solar.

ABSTRACT

This study analyzes the thermal impact of absorptance on façades of different colors in the city of Cuiabá-MT, a tropical climate region with high solar incidence. The objective of this analysis is to contribute to design choices that promote urban thermal comfort. The methodology encompasses on-site data collection through surface temperature measurements using a digital infrared thermometer and thermal camera, as well as monitoring climatic conditions with a thermohygrometer. The study was conducted on a single façade, which was divided into three paint shades (light, medium, and dark) to analyze the three colors under the same solar incidence during the hot-humid period. The findings demonstrated the impact of varying levels of absorptance on the diurnal temperature fluctuations of façades, offering insights that inform façade design principles in tropical regions. The objective of the research is to promote the development of more efficient and comfortable buildings, with a reduced reliance on artificial air conditioning systems. This approach is intended to contribute to urban sustainability and the quality of life in hot cities.

KEYWORDS: Thermal comfort. Hot-humid climate. Solar absorptance.

1 INTRODUÇÃO

A radiação solar incidente sobre a envoltória das edificações representa uma das principais fontes de ganho térmico, especialmente em regiões de clima tropical, como é o caso de Cuiabá — capital do estado de Mato Grosso (MT) —, caracterizada por elevados índices de insolação ao longo de grande parte do ano. Nesse cenário, as decisões projetuais relacionadas ao envelope da edificação adquirem papel estratégico, “[...] o controle da incidência direta da radiação solar que atinge a envoltória da edificação é um meio eficaz para reduzir os ganhos de calor” (Dornelles; Caram; Sichieri, 2014, p. 56).

Entre os diversos fatores que influenciam o desempenho térmico da envoltória, destaca-se a absorvância solar, essa propriedade física “representa a proporção da radiação solar incidente que é absorvida pela envoltória da edificação, influenciando diretamente o ganho térmico e, conseqüentemente, as temperaturas internas” (Givoni, 1998, p. 480).

A absorvância solar está diretamente relacionada à cor e ao acabamento superficial dos materiais. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 268), “a absorvância é uma função da cor do material e indica o quanto do calor solar será absorvido e poderá ser emitido para o ambiente interior”. Os mesmos autores destacam ainda que “cores escuras aplicadas nas superfícies exteriores podem incrementar os ganhos de calor solar, absorvendo maior quantidade de radiação” (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 279). Diante disso, a aplicação de cores claras nas fachadas configura-se como uma estratégia eficiente de mitigação térmica, pois contribui para a redução da carga térmica nos ambientes internos e, conseqüentemente, diminui a demanda por sistemas artificiais de climatização.

Além de sua função estética, as cores exercem um papel técnico relevante no comportamento térmico das edificações. “Embora de grande importância plástica na arquitetura, a utilidade das cores não se restringe à aparência, mas adentra os conceitos físicos de conforto térmico e visual” (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 279). Assim, a escolha cromática das fachadas deve ser compreendida como um elemento fundamental de controle passivo, capaz de promover ambientes mais eficientes, confortáveis e ambientalmente responsáveis.

Diante desse panorama, o presente estudo tem como objetivo analisar o comportamento térmico de fachadas com diferentes cores de pintura externa, avaliando sua influência nas temperaturas superficiais durante o período quente-úmido em Cuiabá-MT. A pesquisa foi conduzida em uma fachada urbana, a qual foi subdividida em três segmentos pintados com cores de diferentes níveis de absorvância — clara (branco), média (cinza) e escura (preto) — com a finalidade de comparar seus efeitos térmicos sob condições similares de insolação.

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para embasar decisões projetuais mais adequadas ao contexto climático local, incentivando o uso consciente das cores como ferramenta de eficiência energética e conforto térmico em edificações inseridas em climas tropicais.

2 OBJETIVOS

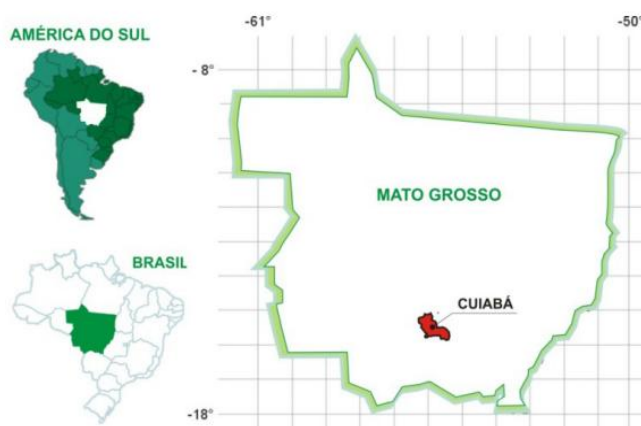
O objetivo deste estudo é avaliar a influência da absorção térmica de diferentes cores de pintura em fachadas no comportamento térmico de edificações durante o período quente-úmido em Cuiabá - MT.

3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

3.1 Cuiabá – MT: Condições Climáticas e Urbanas

Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso (Figura 1), localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil e apresenta clima tropical sazonal do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro (INMET). A cidade é reconhecida por apresentar elevadas temperaturas médias ao longo de todo o ano, com valores máximos frequentemente ultrapassando os 36 °C, podendo atingir picos acima dos 40 °C nos meses mais quentes, conforme destacado pelo Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Sonda, 2024).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Cuiabá

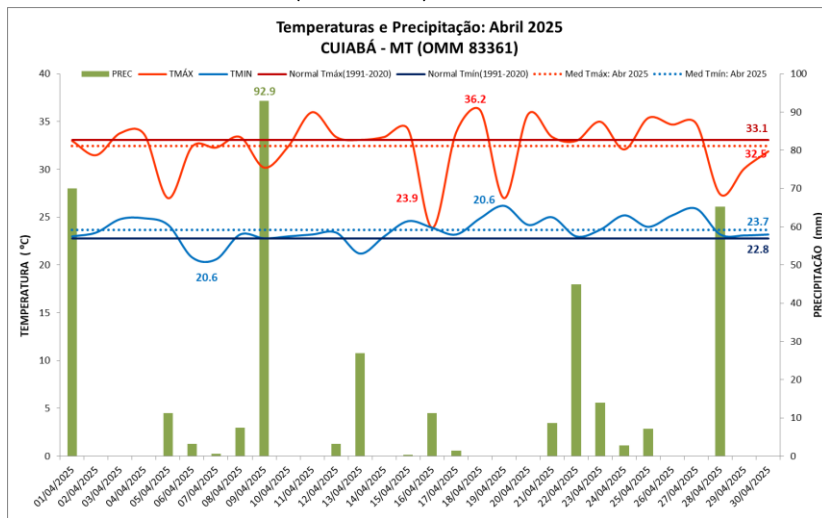


Fonte: Oliveira, 2011, p. 30

A umidade relativa do ar varia significativamente ao longo do ano — entre valores acima de 80% no verão e mínimos de até 15% no auge da estação seca (Sonda, 2024). De acordo com a NBR 15220 – 3 (2024, p. 18) A média anual de radiação horizontal global diária na região é de aproximadamente 5325,23 kWh/m².

Quanto à precipitação, a normal climatológica para Cuiabá (1991–2020) apresenta um total anual de aproximadamente 1.435,9 mm, sendo a média histórica para o mês de abril de 112,8 mm (INMET). No entanto, em abril de 2025, a Estação Meteorológica A901 registrou um total de 371,8 mm de chuva, valor cerca de 3,3 vezes superior à média, representando um excedente de 258,6 mm (Figura 2). Esse volume expressivo de precipitação foi distribuído em 15 dias, com destaque para o dia 09/04, que registrou 92,9 mm em 24 horas (INMET, 2025).

Figura 2 – Temperaturas e precipitação do mês de abril de 2025 em Cuiabá – MT versus a Normal Climatológica (1991 a 2020)



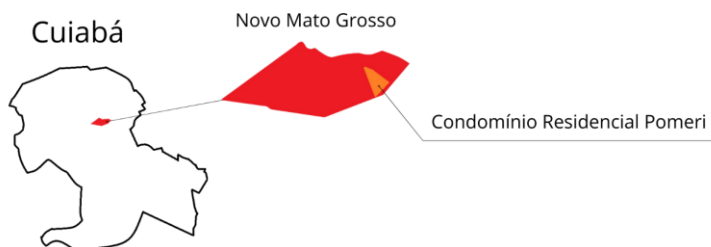
Fonte: INMET, 2025.

Esse cenário climático atípico reforça a importância de estudar o desempenho térmico das fachadas em contextos urbanos tropicais. Mesmo em dias nublados e de alta umidade, a intensidade da radiação solar permanece significativa, impactando diretamente a temperatura superficial das edificações. Tal fator se soma ao desconforto térmico associado à umidade elevada, tornando ainda mais essenciais as soluções arquitetônicas que priorizem o conforto ambiental e a eficiência energética em regiões de clima quente-úmido, como é o caso de Cuiabá.

3.2 Bairro Novo Mato Grosso: Contexto Urbano e Seleção de Fachada

O estudo foi conduzido no bairro Novo Mato Grosso, localizado na região leste de Cuiabá-MT (Figura 3). Trata-se de uma área de expansão urbana recente, caracterizada pelo uso misto do solo, baixa verticalização e infraestrutura urbana ainda em consolidação. Essas condições favorecem a incidência direta de radiação solar nas fachadas, com baixa interferência de sombreamento lateral, seja por edificações ou vegetação densa.

Figura 3 – Esquema de localização do ponto de estudo.



Fonte: Autoria Própria, 2025

O bairro está delimitado por vias arteriais, por uma via estrutural e pelo córrego do Gumitá, um curso hídrico que percorre a borda norte da área e recebe efluentes tratados de estações de tratamento de esgoto (ETEs) situadas ao norte e nordeste, como a ETE da Morada do Ouro e a estrutura localizada no Parque Lagoa Encantada (Figura 4).

Figura 4 – Vista aérea do bairro Novo Mato Grosso (Cuiabá–MT), destacando o córrego, as ETEs e a área de estudo.



Fonte: Imagem Extraída do Google Earth e Adaptada pelos Autores, 2025

A fachada analisada está localizada em um condomínio fechado dentro do bairro, no qual foi possível realizar intervenções controladas. A edificação corresponde a um depósito de materiais, cuja parede voltada para oeste, originalmente em alvenaria rebocada sem pintura, foi utilizada como base para o experimento. Essa orientação foi considerada ideal para o estudo por estar exposta à radiação solar vespertina, período com maior carga térmica diária em regiões tropicais.

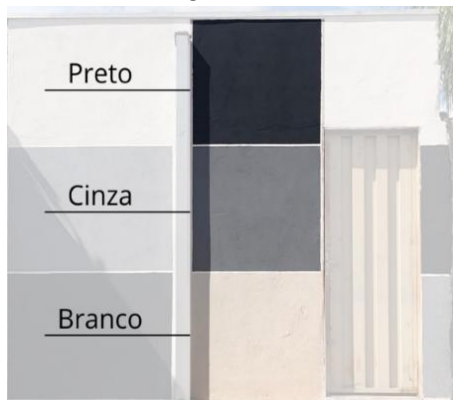
4 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental de campo, de abordagem quantitativa, cujo objetivo é analisar o comportamento térmico de superfícies com diferentes níveis de absorvância; aplicadas a uma fachada urbana localizada na cidade de Cuiabá-MT. A investigação foi estruturada em duas etapas principais: a primeira envolveu a preparação do ambiente experimental, incluindo a seleção da fachada, os critérios de segmentação e a aplicação das diferentes cores de revestimento; a segunda etapa correspondeu à coleta sistemática dos dados térmicos, realizada em condições reais de exposição à radiação solar, com o intuito de comparar o desempenho térmico de cada segmento com base nas temperaturas superficiais registradas.

4.1 Características da Fachada e Tonalidades Utilizadas

A fachada analisada foi segmentada em três faixas verticais de dimensões equivalentes, cada uma destinada à aplicação de uma tonalidade distinta: branco (tonalidade clara), cinza (tonalidade média) e preto (tonalidade escura). A fim de garantir a uniformidade da aplicação, todas as superfícies foram revestidas com tinta acrílica fosca, utilizando o mesmo número de demãos e seguindo as recomendações técnicas do fabricante (Figura 5).

Figura 5 – Figura demonstrativa da fachada segmentada com três cores de diferentes de absorptâncias



Fonte: Autoria Própria, 2025

4.2 Procedimento da Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada in loco, com o auxílio de instrumentos específicos para medições térmicas e ambientais. As temperaturas superficiais das fachadas foram registradas com um termômetro digital infravermelho com mira laser, modelo MT-360 da marca Minipa (Figura 6), que apresenta uma faixa de medição de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, com resolução de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e relação distância-ponto (D:S) de 12:1, permitindo medições precisas a curta distância.

Figura 6 – Termômetro digital infravermelho com mira laser.



Fonte: Minipa, s.d.

As medições foram realizadas no centro geométrico de cada faixa, respeitando as alturas correspondentes: 0,50 m para a faixa inferior (branca), 1,50 m para a faixa intermediária (cinza) e 2,50 m para a faixa superior (preta). O sensor foi mantido a uma distância média de 40 cm da superfície, posicionado de forma perpendicular à fachada para garantir a acurácia da leitura em cada área específica, sem interferência das áreas adjacentes.

Para complementar a análise, foi utilizada uma câmera termográfica FLIR C2, com sensor infravermelho de 80×60 pixels (4.800 pontos de medição), sensibilidade térmica inferior a $0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e faixa de medição entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 7). As imagens térmicas foram capturadas a uma distância aproximada de 3 metros, abrangendo toda a extensão da fachada em um único enquadramento. O dispositivo foi posicionado em ângulo reto (90°) em relação à parede, e as imagens foram salvas no formato JPEG com dados de medição de 14 bits embutidos, para análise comparativa detalhada.

Figura 7 – Câmera termográfica com sensor infravermelho.



Fonte: Teledyne Flir, s.d.

As condições ambientais foram monitoradas com o termo-higrômetro digital *Benetech* GM1362 (Figura 8), utilizado para aferir a temperatura do ar e a umidade relativa. O equipamento possui faixa de medição de umidade de 0% a 100%, com precisão de $\pm 3,0\%$ entre 20% e 80% RH, e $\pm 4,5\%$ fora dessa faixa, além de resolução de 0,1% RH. Para a temperatura do ar, opera na faixa de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, com precisão de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, e $\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, com resolução de 0,1 $^{\circ}\text{C}$. O dispositivo foi posicionado a aproximadamente 1,50 m do solo, em local protegido da radiação direta, seguindo as boas práticas para representar a zona de respiração humana em medições ambientais externas.

Figura 8 – Termo-higrômetro digital.



Fonte: Benetech, s.d.

As medições foram realizadas em três horários distintos (08h, 14h e 20h), contemplando as principais variações térmicas ao longo do dia. A escolha do dia de coleta considerou a representatividade climática do período quente-úmido, caracterizado por alta umidade e significativa carga térmica. Por tratar-se de uma única fachada subdividida em segmentos com diferentes cores, todas as tonalidades foram expostas às mesmas condições de orientação solar (oeste) e microclima local, o que possibilita uma comparação direta entre as variáveis controladas.

Os dados obtidos foram organizados em quadros comparativos, imagens térmicas e registros fotográficos, a fim de viabilizar uma análise cruzada e visual dos comportamentos térmicos. Condições climáticas pontuais, como nebulosidade ou eventual ocorrência de chuvas, foram registradas e consideradas como variáveis limitantes na interpretação dos resultados.

5 RESULTADOS

5.1 Análise Térmica da Fachada - 08h

A fachada analisada possui orientação oeste, o que resulta em sombreamento nas primeiras horas do dia, com exposição direta à radiação solar concentrada no período da tarde. Às 08h, momento da primeira medição, a fachada encontrava-se completamente sombreada,

sob condições de céu nublado. Tais circunstâncias atenuaram significativamente a incidência direta de radiação solar sobre a superfície da edificação.

Apesar das condições de baixa radiação, observou-se variação significativa nas temperaturas superficiais conforme a tonalidade da pintura aplicada (Quadro 1). Os dados registrados revelam que, mesmo sem insolação direta, as superfícies de cores mais escuras apresentaram maior absorção de calor:

Quadro 1 – Temperaturas superficiais externas e internas registradas nas diferentes tonalidades da fachada às 08h

Temperaturas Superficiais - 8h		
Cor	Externa	Interna
Branco	26,2 °C	25,1 °C
Cinza	26,9 °C	25,5 °C
Preto	27,7 °C	25,7 °C

Fonte: Autoria Própria, 2025

A diferença entre a superfície externa da pintura branca e da preta foi de 1,5 °C, enquanto no ambiente interno a variação atingiu 0,6 °C. Tais resultados evidenciam que a absorvância térmica, diretamente relacionada à tonalidade da superfície, exerce influência relevante mesmo em contextos de baixa radiação solar. O preto, por apresentar maior capacidade de absorção, atingiu as maiores temperaturas tanto na face externa quanto na interna da parede.

Complementando a análise, foram também medidas a temperatura do ar e a umidade relativa, interna e externamente à edificação (Quadro 2):

Quadro 2 – Temperatura do ar e umidade relativa externa e interna às 08h

8h	Temperatura do Ar °C	Umidade Relativa (%)
Externa	26,7	80,4
Interna	26,7	81,8

Fonte: Autoria Própria, 2025

As temperaturas do ar interna e externa mostraram-se idênticas neste horário (26,7 °C), refletindo a ausência de aquecimento solar significativo sobre a edificação até então. No entanto, observou-se umidade relativa elevada, com 80,4% no ambiente externo e 81,8% no interno — valores coerentes com o início da manhã em um período quente-úmido e possivelmente influenciados pela nebulosidade e saturação de vapor d'água no ar.

A elevada umidade contribui para a sensação de abafamento e reduz a eficiência das trocas térmicas por evaporação, mesmo quando as temperaturas do ar ainda não atingiram os picos do dia. Isso reforça a importância de considerar não apenas os ganhos térmicos, mas também as condições de umidade na análise do conforto térmico em climas tropicais.

5.2 Análise Térmica da Fachada - 14h

Às 14h, a fachada encontrava-se sob intensa exposição à radiação solar direta, com céu ensolarado, caracterizando o pico de carga térmica diária (Quadro 3). Este momento do dia representa a condição mais crítica do ponto de vista térmico, com temperaturas superficiais significativamente elevadas.

Quadro 3 – Temperaturas superficiais externas e internas registradas nas diferentes tonalidades da fachada às 14h

Temperaturas Superficiais - 14h		
Cor	Externa	Interna
Branco	34,6 °C	30,9 °C
Cinza	40,3 °C	33,2 °C
Preto	41,8 °C	34,8 °C

Fonte: Autoria Própria, 2025

Observa-se uma elevação acentuada das temperaturas nas três faixas da fachada, com destaque para a superfície pintada de preto, que atingiu 41,8 °C externamente e 34,8 °C internamente. Em comparação com a pintura branca, que apresentou as menores temperaturas, a diferença chegou a 7,2 °C na superfície externa e 3,9 °C no ambiente interno, demonstrando claramente o impacto direto da absorvência da cor sob radiação intensa. A tonalidade escura absorve mais energia solar, elevando substancialmente a temperatura da superfície e da massa construtiva.

Quadro 4 – Temperatura do ar e umidade relativa externa e interna às 14h

14h	Temperatura do Ar °C	Umidade Relativa (%)
Externa	35,7	55,9
Interna	35,0	59,9

Fonte: Autoria Própria, 2025

Neste período, também se verifica um aumento expressivo da temperatura do ar, com 35,7 °C no ambiente externo e 35,0 °C no interno, além de uma significativa redução da umidade relativa, que atingiu 55,9% externamente e 59,9% internamente (Quadro 4). Essa queda na umidade é esperada para o horário mais seco do dia e intensifica a sensação térmica de desconforto, especialmente quando combinada com temperaturas elevadas das superfícies. “A umidade relativa tende a aumentar quando há diminuição da temperatura e a diminuir quando há aumento da temperatura”. (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 80).

5.3 Análise Térmica da Fachada – 20h

No horário das 20h, a fachada já não recebia incidência direta de radiação solar, caracterizando um momento sem ganho térmico direto (Quadro 5). Ainda assim, observou-se a persistência de diferenças térmicas entre as tonalidades avaliadas, evidenciando o efeito da retenção de calor ao longo do dia. Esses resultados demonstram que o comportamento térmico das superfícies continua influenciado pela cor mesmo após o pôr do sol, devido ao acúmulo e à liberação gradativa de calor.

Quadro 5 – Temperaturas superficiais externas e internas registradas nas diferentes tonalidades da fachada às 20h

Temperaturas Superficiais - 20h		
Cor	Externa	Interna
Branco	27,6 °C	29,5 °C
Cinza	27,8 °C	30,6 °C
Preto	28,2 °C	31,1 °C

Fonte: Autoria Própria, 2025

A diferença entre a tonalidade mais clara (branco) e a mais escura (preto) foi de 1,2 °C na superfície externa e 1,6 °C na interna, indicando que a fachada pintada de preto reteve mais calor durante o dia e o liberou mais lentamente à noite. “Ao conduzir o calor para o outro extremo, o material retém uma parte no seu interior, consequência de sua inércia térmica” (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014, p. 197). Essa inércia térmica é um fator relevante para o desempenho térmico em ambientes internos, especialmente no período noturno, quando não há mais renovação térmica natural pela radiação.

Quadro 6 – Temperatura do ar e umidade relativa externa e interna às 20h

20h	Temperatura do Ar °C	Umidade Relativa (%)
Externa	26,7	79,4
Interna	26,7	80,1

Fonte: Autoria Própria, 2025

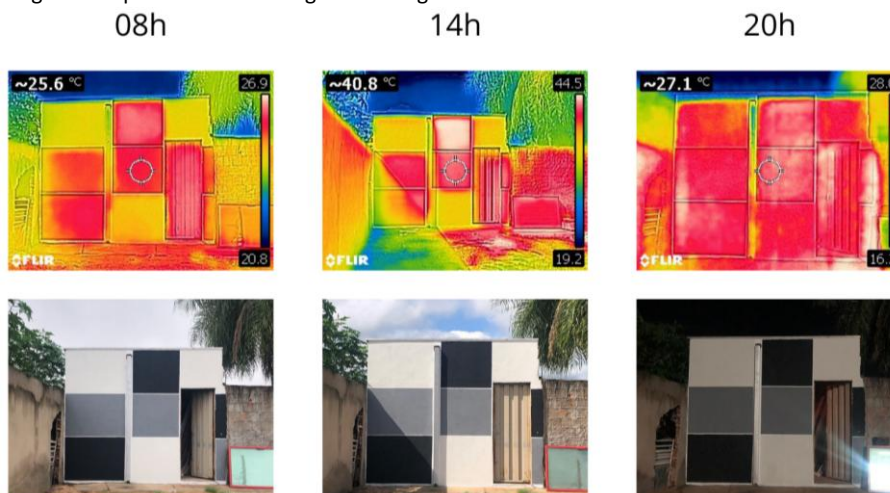
Com a ausência de radiação solar direta, houve estabilização térmica do ar, registrando 26,7 °C tanto no ambiente externo quanto no interno (Quadro 6). Entretanto, a umidade relativa voltou a subir, atingindo 79,4% externamente e 80,1% internamente, refletindo a maior concentração de vapor d’água no ar, típica do período noturno e associada à queda da temperatura.

Apesar das temperaturas do ar reduzidas, a combinação de alta umidade relativa com superfícies ainda aquecidas, especialmente nas áreas escuras, pode comprometer o conforto térmico durante a noite. Isso ocorre porque a dissipação de calor pelas superfícies mais absorventes é mais lenta, mantendo o ambiente interno aquecido por mais tempo.

5.4 Análise das Imagens Termográficas

A análise das imagens térmicas foi conduzida com base na interpretação da barra de referência fornecida pela própria câmera termográfica, a qual indica, por meio de um degradê de cores, as variações de temperatura superficial das áreas observadas (Figura 4). As cores mais frias, localizadas na base da escala (tons de azul e roxo), correspondem às menores temperaturas registradas, enquanto as cores intermediárias, como verde e amarelo, indicam temperaturas médias. Por fim, as cores mais quentes, posicionadas no topo da escala (laranja, vermelho e branco, sendo o branco o extremo superior), representam as regiões com maior temperatura superficial.

Figura 4 – Figura comparativa entre imagens termográficas e visuais da fachada nos horários de 08h, 14h e 20h



Fonte: Autorial Própria, 2025

Nas imagens captadas pela câmera térmica às 08h e às 14h, é possível observar claramente essa gradação térmica entre as diferentes faixas de cor da fachada, com temperaturas crescentes da tonalidade clara para a escura. Notadamente, na imagem das 14h, a discrepância entre as faixas torna-se mais acentuada, sendo que a faixa de cor preta apresenta coloração branca — indicativo de temperatura máxima conforme a escala —, enquanto a faixa branca permanece com coloração amarela, correspondente a uma temperatura intermediária. Já na imagem registrada às 20h, mesmo sem a incidência direta da radiação solar, a fachada ainda apresenta coloração majoritariamente avermelhada, evidenciando a retenção e a lenta dissipação do calor acumulado ao longo do dia.

6 CÁLCULO DO FLUXO DE CALOR E IMPACTO DA ABSORTÂNCIA TÉRMICA

Para compreender como as diferentes cores da fachada influenciam o desempenho térmico da edificação, foi realizado o cálculo do fluxo de calor que atravessa a parede a partir da radiação solar incidente. A NBR 15220-1 (2024, p. 2) define densidade de fluxo de calor como a “razão do fluxo de calor que atravessa uma superfície pela área dessa superfície”. Esse fluxo representa a quantidade de energia térmica transferida através de uma superfície, sendo expresso em watts por metro (W/m), e está diretamente relacionado às propriedades térmicas da parede, à diferença de temperatura entre os ambientes interno e externo, e à radiação solar absorvida pela superfície, a qual varia de acordo com a cor da faixa, por meio de seu coeficiente de absorvância térmica (α).

6.1 Seleção do Período de Análise

Para esse cálculo, foram utilizados os dados do período das 14h (Quadro – 3), momento de maior incidência solar direta na fachada. A área considerada para análise foi de $1 m^2$, correspondente ao tamanho aproximado de cada faixa colorida testada (branco, cinza e preto).

6.2 Irradiação Solar Incidente

O valor da radiação solar incidente foi baseado na irradiância solar diária média do mês de abril, obtida no programa *SunData* do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB, 2025), que indicou 4,91 kWh/m²/dia. Para aplicar este valor na fórmula, foi necessário convertê-lo para W/m². Considerando que:

- 1 kWh = 1000 Wh = 3.600.000 J
- 1 dia = 24 horas

A conversão foi feita da seguinte forma:

$$4,91 \text{ kWh/m} = 4910 \text{ Wh/m} \div 24\text{h}$$
$$\text{Resultado: } 204,58\text{W/m}^2$$

6.3 Cálculo da Transmitância Térmica (U)

A transmitância térmica (U) representa a taxa de transferência de calor através da parede para cada grau de diferença de temperatura entre os ambientes. É dada pela fórmula: $U = 1 / RT$. A resistência térmica total da parede foi obtida por meio da soma das resistências superficiais e das camadas constituintes: $RT = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se}$.

Onde:

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (superfície interna)
- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (superfície externa)
- $R_1 = \text{reboco interno} = 0,025 / 1,15 = 0,0217 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
- $R_2 = \text{bloco cerâmico} = 0,09 / 0,52 = 0,1731 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
- $R_3 = \text{reboco externo} = 0,025 / 1,15 = 0,0217 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

$$RT = 0,13 + 0,0217 + 0,1731 + 0,0217 + 0,04 = 0,386 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$U = 1 / 0,386 = 2,59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

As resistências térmicas superficiais foram adotadas conforme a ABNT NBR 15220-2 (2022, p. 13), enquanto as espessuras das camadas foram determinadas por inspeção do sistema construtivo.

6.4 Fórmula do Fluxo de Calor

A equação aplicada para calcular o fluxo de calor instantâneo foi baseada na extensão de cada faixa colorida da fachada, que possui aproximadamente 1 metro de largura por 1 metro de altura, totalizando uma área de 1 m².

$$\Phi = U \cdot A \cdot [T_{ext} + \alpha \cdot R_s \cdot R_{se} - T_{int}]$$

Onde:

- ϕ = fluxo de calor (W)
- U = transmitância térmica da parede (W/m².K)

- A = área da superfície = 1 m^2
- Text e Tint = temperaturas externa e interna ($^{\circ}\text{C}$)
- α = absorvância da superfície
- RS = radiação solar incidente = $204,58 \text{ W/m}^2$
- Rse = resistência superficial externa = $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Os valores de absorvância utilizados foram:

- Branco: $\alpha = 0,20$
- Preto: $\alpha = 0,97$
- Cinza escuro: α estimado em $0,75$, por aproximação visual entre os tons tabelados.

6.5 Resultados Obtidos

Com os dados coletados em campo (temperaturas e radiação), foram aplicados os valores na fórmula para cada cor de faixa da fachada (Quadro 7):

Quadro 7 – Resultados do cálculo de fluxo de calor para cada faixa.

Cor	Absorvância (α)	Fluxo de Calor (ϕ)
Branco	0,20	$13,82 \text{ W/m}^2$
Cinza	0,75	$34,28 \text{ W/m}^2$
Preto	0,97	$38,68 \text{ W/m}^2$

Fonte: Autoria Própria, 2025

Os resultados demonstram que o fluxo de calor é diretamente proporcional à absorvância da superfície. A faixa preta, por exemplo, apresentou um fluxo quase três vezes maior que a branca, sob as mesmas condições climáticas. Isso evidencia o papel essencial da cor na escolha de acabamentos externos, sobretudo em cidades de clima quente como Cuiabá.

Além da influência da cor, destaca-se que o comportamento térmico também depende da composição da parede. A condutividade térmica dos materiais, especialmente do bloco cerâmico, influencia diretamente a resistência térmica do sistema, e portanto, seu desempenho térmico. Paredes com menor resistência facilitam a entrada de calor, intensificando os efeitos negativos das superfícies com alta absorvância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam, de forma clara e quantitativa, a influência significativa da absorvância das cores de fachada sobre o desempenho térmico de edificações no clima quente-úmido de Cuiabá-MT. Através de medições realizadas in loco, foi possível constatar que superfícies pintadas com cores de maior absorvância térmica — como o preto — apresentaram temperaturas substancialmente mais elevadas, tanto externamente quanto internamente, em comparação às superfícies de menor absorvância, como o branco.

Essa diferença foi especialmente acentuada no período de maior insolação (14h), mas também se manteve perceptível nos horários da manhã e da noite, indicando não apenas maior absorção, mas também maior retenção de calor ao longo do dia. Tais achados reforçam a

importância da escolha cromática das fachadas como uma estratégia de controle passivo, capaz de contribuir para a redução da carga térmica interna e para o aumento do conforto ambiental nas edificações.

Além das medições empíricas, os cálculos de fluxo de calor permitiram quantificar a influência da absorvância em termos energéticos. Através da equação baseada na transmitância térmica da parede e nos valores de radiação solar, foi possível estimar a energia térmica transferida em função da cor. A fachada branca apresentou um fluxo de 13,82 W/m², enquanto a cinza atingiu 34,28 W/m² e a preta 38,68 W/m², sob as mesmas condições de radiação e temperatura. Esses dados confirmam que fachadas escuras podem transmitir até três vezes mais calor para o interior da edificação, apenas pela diferença na cor da pintura.

Os cálculos também reforçam o papel da composição da parede na performance térmica, sendo a resistência térmica e a condutividade dos materiais fatores determinantes na transmissão de calor. A combinação de alta absorvância e baixa resistência térmica tende a agravar os efeitos de superaquecimento em ambientes internos.

Por fim, espera-se que esta pesquisa contribua para sensibilizar profissionais da arquitetura e urbanismo sobre a relevância da absorvância térmica das cores, incentivando práticas projetuais mais adequadas ao contexto climático regional. Investigações futuras podem aprofundar essa análise, explorando outros materiais, texturas, orientações solares e condições sazonais, ampliando o escopo de aplicação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: **Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: **Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo** (ISO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: **Zoneamento bioclimático brasileiro por desempenho**. Rio de Janeiro, 2024.

BENETECH. **Medidor de Umidade e Temperatura**, GM1362. Disponível em: <http://www.benetechno.net/en/products/gm1362.html>. Acesso em: 03 jul. 2025.

CLIMATEMPO. **Cuiabá está tendo o abril mais chuvoso em 64 anos**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/centro-oeste/cuiaba-esta-tendo-o-abril-mais-chuvoso-em-64-anos>. Acesso em: 15 jun. 2025.

CRESESB. **Centro de referência para energia solar e eólica de S. Brito. Potencial Solar - SunData v 3.0: Base de dados sobre radiação solar no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 02 jul. 2025.

DORNELLES, Kelen Almeida; CARAM, Rosana Maria; SICHIERI, Eduvaldo Paulo. Absorvância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo. **Paranoá**, [S. l.], v. 7, n. 12, 2014. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n12.2014.12212. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10685>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley, 1998. 480 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Balanco climático de abril de 2025 – Cuiabá/MT. Estação Meteorológica Automática A901**. Brasília, 2025. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/BALANÇO-CENTRO-OESTE_ABRIL-2025.pdf. Acesso em: 05 jul. 2025.

KÖPPEN, Wladimir. **Das geographische System der Klimate**. 1936.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

MINIPA. **Proposta Técnica, Termômetro Infravermelho**. Disponível em: https://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/Mt-360-1301-BR.pdf. Acesso em: 03 jul. 2025.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. 2011. 146 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em: <https://pgfa.ufmt.br/index.php/en/utilities/files/banco-de-teses-do-programa/189-angela-santana-de-oliveira-1>. Acesso em: 20 abr. 2025.

Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (SONDA). **Climatologia Local, Cuiabá CBA – 21**. Disponível em: <https://sonda.ccst.inpe.br/basedados/cuiaba.html>. Acesso em: 30 jun. 2025.

TELEDYNE FLIR. **Câmera Termográfica, FLIR C2**. Disponível em: <https://www.flir.com.br/support/products/c2/#Overview>. Acesso em: 03 jul. 2025.